

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 677 423** ⁽¹³⁾ **C2**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(51) МПК

[B22F 1/02 \(2006.01\)](#)
[C22C 29/12 \(2006.01\)](#)
[B22F 9/00 \(2006.01\)](#)
[C04B 35/117 \(2006.01\)](#)
[C04B 35/10 \(2006.01\)](#)
[B82Y 30/00 \(2011.01\)](#)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 28.01.2019)

(21)(22) Заявка: [2017121543](#), 19.06.2017(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
19.06.2017Дата регистрации:
16.01.2019Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 19.06.2017(43) Дата публикации заявки: 20.12.2018 Бюл. №
[35](#)(45) Опубликовано: [16.01.2019](#) Бюл. № [2](#)(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: US 4354964 A1, 19.10.1982. SU
1368300 A1, 23.01.1988. US 6051277 A1,
18.04.2000.Адрес для переписки:
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,
УрФУ, Центр интеллектуальной
собственности, Маркс Т.В.

(72) Автор(ы):

**Жуков Юрий Николаевич (RU),
Брякунов Сергей Владимирович (RU),
Блау Александр Алексеевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Уральский федеральный
университет имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина" (УрФУ) (RU)**

(54) ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ И СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к получению спеченного инструментального материала на основе оксида алюминия. Материал состоит из зерен оксида алюминия сферической формы размером от 0,01 до 0,4 мкм с тонкой пленкой никеля на поверхности каждого зерна толщиной $0,1 \div 0,4$ от его размера. Способ получения материала включает получение порошка, прессование и спекание порошка. Получают порошок в виде зерен оксида алюминия сферической формы размером от 0,01 до 0,4 мкм с тонкой пленкой никеля на поверхности каждого зерна толщиной $0,1 \div 0,4$ от его размера путем конденсации зерен оксида алюминия из паровой фазы оксида алюминия с охлаждением в потоке воздуха до температуры 1400-1300°C и последующим транспортированием охлажденных зерен потоком воздуха через паровую фазу никеля с конденсацией никеля на их поверхности. Обеспечивается повышение прочности мелкозернистой структуры материала. 2 н.п. ф-лы.

Группа изобретений относится к порошковой металлургии, в частности к получению инструментальных материалов на основе оксида алюминия, которые могут быть применены в механообработке конструкционных материалов для изготовления лезвийного инструмента. При своей относительно низкой стоимости по сравнению с инструментальными материалами на основе карбидов вольфрама, титана и тантала, они применяются в меньшей степени из-за пониженной прочности.

Из материалов на основе оксида алюминия можно выделить две основные группы, содержащие 100% оксида алюминия, например ЦМ-332, и менее 100% оксида алюминия, например В013, содержащая 99% оксида алюминия и до 1% оксида магния.

Все эти материалы получают по общей технологии, состоящей в изготовлении порошков измельчением исходного сырья, прессованием порошков и спеканием при температуре $\approx 1750^\circ\text{C}$. Применение оксида магния позволяет замедлить рост зерен оксида алюминия в процессе спекания и повысить прочность по сравнению с материалом со 100% содержанием оксида алюминия (см. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. М.: Машиностроение. 1975).

В качестве аналога заявляемого инструментального материала принят инструментальный материал на основе оксида алюминия ($\approx 100\%$ оксида алюминия) марки ЦМ-332, получаемый по описанной выше технологии. Этот инструментальный материал состоит из зерен в виде неправильных многогранников размером до 4 мкм, имеет высокую твердость (91 HRA) и пониженную прочность на изгиб (300-350 МПа).

В качестве прототипа принят материал на основе оксида алюминия, В013, имеющий структуру зерен в виде неправильных многогранников с размером до 4 мкм, с содержанием оксида алюминия 99% и оксида магния 1%. Данный материал имеет высокую твердость (92 HRA) и прочность до 450 МПа (на 30% выше, чем у аналога) (см. Б.Н. Арзамасов, В.А. Брострем, Н.А. Буше и др. Справочник. Конструкционные материалы, М. Машиностроение. 1990).

Структура инструментальных материалов на основе оксида алюминия состоит из зерен оксида алюминия в виде неправильных многогранников, а у инструментальных материалов на основе оксида алюминия с добавлением оксида магния зерна оксида алюминия в структуре частично отделены друг от друга прослойкой аморфной стекловидной фазы оксида магния (см. С.Н. Иванов, Е.Н. Хазанов, А.В. Таранов и др. Характер межзеренных границ и упругие свойства керметов, полученных на основе оксида алюминия и нержавеющей стали. Физика твердого тела. 2001, Том 43, вып. 4, Рис. 1а).

Главный недостаток инструментальных материалов на основе оксида алюминия (аналога и прототипа заявляемого инструментального материала) относительно невысокая их прочность на изгиб (до 450 МПа) по сравнению с инструментальными материалами на основе карбидов вольфрама, титана и тантала, у которых прочность на изгиб ≈ 1000 МПа (см. Г.И. Грановский, В.Г. Грановский, Резание металлов. М.: Высшая школа. 1985). Повышенная хрупкость инструментальных материалов на основе оксида алюминия определяется пониженной прочностью межзеренных границ оксида алюминия и межзеренной стекловидной фазы оксида магния, а также пониженной прочностью самих зерен оксида алюминия, получаемых механическим измельчением.

При механическом измельчении зерен оксидов, неизбежно каждая частица порошка, в будущем - зерна, будет содержать микротрещины и другие дефекты, по которым при приложении нагрузки будет происходить разрушение (см. Разрушение. Т. 6. Разрушение металлов. пер. с англ. под ред. Г. Либовиц. М.: Металлургия. 1976., Разрушение. Т.7. Разрушение неметаллов и композиционных материалов. пер. с англ. под ред. Г. Либовиц. М.: Мир. 1976).

В качестве аналога заявляемого способа принята типовая технология получения инструментальных материалов механическим измельчением (Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них: Учебное пособие для вузов / Панов В.С., Чувилин А.М. - М.: МИСИС, 2001. - 432 с.).

В качестве прототипа принят способ получения сферических зерен инструментальных материалов, состоящий в расплавлении исходного материала в тигле, вытеснение расплавленного материала из тигля под действием центробежных сил и разбрызгивание его в виде капель, которые под действием силы поверхностного натяжения приобретают сферическую форму и кристаллизуются в полете (Авторское св-во SU №503688, приор. 07.10.1974, опубл. 25.02.1976, МПК⁵ В23К 37/00, В22D 23/08).

При реализации заявляемой группы изобретений решается техническая проблема преодоления пониженной прочности и повышенной хрупкости инструментальных материалов на основе оксида алюминия.

Технический результат состоит в повышении прочности мелкозернистой структуры заявляемого инструментального материала за счет повышения прочности сферических зерен и межзеренных границ формообразуемых никелем.

Заявляемый инструментальный материал на основе оксида алюминия имеет структуру, состоящую из зерен оксида алюминия и прослойки материала между зернами. От прототипа материал отличается тем, что зерна оксида алюминия имеют сферическую форму размером от 0,01 до 0,4 мкм с прослойкой между зернами оксида в виде тонкой пленки никеля на поверхности каждого зерна оксида толщиной $0,1 \div 0,4$ от наибольшего размера зерна.

Оптимальные размеры зерна и толщины связки определены по математическим моделям (см. Артамонов Е.В., Полигалога Т.Е., Тверяков А.М. и др. Механика разрушения и прочность сменных режущих пластин из твердого сплава. Тюмень. ТюмГНТУ. 2013).

От прототипа способ отличается тем, что получают зерна оксида алюминия сферической формы их конденсацией из паровой фазы оксида алюминия путем ее охлаждения потоком воздуха до температуры $1400-1300^{\circ}\text{C}$, а тонкую пленку никеля на поверхности зерен оксида алюминия получают конденсацией никеля из паровой фазы дальнейшим транспортированием зерен оксида алюминия потоком воздуха.

Таким образом, сущность заявляемого инструментального материала на основе оксида алюминия и способа его получения состоит в том, что зерна оксида алюминия имеют сферическую форму и их получают не механическим измельчением, а конденсацией из паровой фазы оксида алюминия, что исключает в получаемом нанопорошке оксида алюминия дефекты, неизбежные при механическом измельчении порошка. Прослойкой между зернами оксида алюминия в структуре материала, обеспечивающей более прочное соединение зерен оксида при спекании, является никель, который наносится в виде тонкой пленки $0,1 \div 0,4$ от наибольшего размера зерна оксида алюминия до прессования и спекания из паровой фазы. Процесс нанесения тонкой пленки никеля на нанопорошок оксида алюминия происходит в транспортной струе воздуха (см. В.В. Осипов, В.В. Лисенков, В.В. Платонов и др. Журнал технической физики. 2014, т. 84, вып. 5., Рис. 5 и Рис. 6).

Технический результат базируется на следующем:

- сферические зерна оксидов, в том числе и оксида алюминия можно получить охлаждением и кристаллизацией их из паровой фазы с величиной зерна $10 \div 400$ нм ($0,01 \div 0,4$ мкм) без дефектов строения (см. В.В. Осипов, В.В. Лисенков, В.В. Платонов и др. Журнал технической физики. 2014, т. 84, вып. 5);

- получение пленки никеля на зернах оксида алюминия происходит транспортированием охлажденных до температуры $1400 \div 1300^{\circ}\text{C}$ зерен оксида алюминия через паровую фазу никеля.

Каждое зерно оксида алюминия сферической формы и покрытое слоем никеля при температуре 1300°C приобретает новые свойства из-за того, что коэффициент температурного расширения никеля значительно превышает коэффициент температурного расширения оксида алюминия (см. Физические величины. Справочник. Под ред. И.С. Григорьева, Е.С. Мелихова. М.: Энергоатомиздат. 1991). Так при охлаждении каждое зерно сплава приобретает, по отношению действующих сил резания на материал инструмента, повышение прочности. Зерна оксида алюминия находятся в сжатом состоянии, а пленка никеля в растянутом состоянии (см. Артамонов Е.В., Полигалога Т.Е., Тверяков А.М. и др. Механика разрушения и прочность сменных режущих пластин из твердых сплавов. Тюмень. ТюмГНТУ. 2013). При действии сжимающих напряжений в режущем инструменте от сил резания прочность инструмента повышается на величину растягивающих напряжений в прослойке никеля, и из-за более высокой прочности никеля по отношению к стекловидной прослойке в прототипе.

Реализация заявляемой группы изобретений подтверждается изготовлением и испытанием опытной партии сплава на основе оксида алюминия, полученным по заявляемому способу. Результаты испытаний показали, что при той же твердости сплава что и прототипа - 92 HRA, прочность на растяжение составила $850 \div 870$ МПа, что в 1,8 раза выше, чем у прототипа (450 МПа).

Формула изобретения

1. Спеченный инструментальный материал на основе оксида алюминия, отличающийся тем, что он состоит из зерен оксида алюминия сферической формы

размером от 0,01 до 0,4 мкм с тонкой пленкой никеля на поверхности каждого зерна толщиной $0,1 \div 0,4$ от его размера.

2. Способ получения спеченного инструментального материала на основе оксида алюминия, включающий получение порошка оксида алюминия, прессование и спекание порошка, отличающийся тем, что получают порошок в виде зерен оксида алюминия сферической формы размером от 0,01 до 0,4 мкм с тонкой пленкой никеля на поверхности каждого зерна толщиной $0,1 \div 0,4$ от его размера путем конденсации зерен оксида алюминия из паровой фазы оксида алюминия с охлаждением в потоке воздуха до температуры 1400-1300°C и последующим транспортированием охлажденных зерен потоком воздуха через паровую фазу никеля с конденсацией никеля на их поверхности.